Indústria 5.0: Oportunidades e Desafios para Arquitetura e Construção

13º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção e 4º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção

ARACAJU-SE | 08 a 10 de Novembro

[1]BIM APLICADO AO PLANEJAMENTO DE TRÁFEGO: UM PANORAMA GERAL.

BIM Applied To Traffic Planning: An Overview

Bruna Brito Liberal
UFPE | Recife | Brasil | bruna.liberal@ufpe.br

Maria Leonor Alves Maia
UFPE | Recife | Brasil | maria.amaia@ufpe.br

Rachel Perez Palha
UFPE | Recife | Brasil | rachel.palha@ufpe.br

RESUMO

O estudo busca analisar a literatura pertinente referente ao uso do BIM dentro do âmbito dos transportes por meio de uma revisão bibliográfica realizada na plataforma Scopus com mapeamento de palavras-chaves e citações no software VOSViewer. Foram observados alguns campos de pesquisa principais, como o uso do BIM em projetos e obras de infraestrutura e como ferramenta de gerenciamento do ciclo de vida; uso de tecnologias emergentes como Internet das Coisas, Realidade Virtual, Big Data, Gêmeos Digitais; e o BIM como ferramenta de apoio para simulações de tráfego, para suporte à tomada de decisão e ao planejamento urbano. O estudo concluiu que há muito do BIM a ser explorado dentro do campo de transportes, dada a grande variedade de pesquisas observadas na revisão.

Palavras-chave: BIM; Transportes; Tráfego.

ABSTRACT

The study aims to analyze the relevant literature regarding the use of BIM within the scope of transportation through a bibliographic review conducted on the Scopus platform with keyword mapping and citations in the VOSViewer software. Several main research fields were observed, such as the use of BIM in infrastructure projects and works and as a lifecycle management tool; the use of emerging technologies such as the Internet of Things, Virtual Reality, Big Data, and Digital Twins; and BIM as a supporting tool for traffic simulations, decision-making, and urban planning. The study concluded that there is much to be explored in terms of BIM within the field of transportation, given the wide variety of research observed in the review.

Keywords: BIM; Transport; Traffic.

[1]LIBERAL, B. B., MAIA, M. L. A., PALHA, R. P. BIM aplicado ao planejamento de tráfego: um panorama geral. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2023, Aracaju. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2023.

1 INTRODUÇÃO

À medida que o setor AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) se apropria da era digital, por meio do uso e novas tecnologias, os processos estão sendo cada vez mais influenciados por redes de sensores, gerenciamento de dados em sistemas de armazenamento seguros e modelos semânticos (BOJE et al., 2020). Um dos protagonistas na adoção de novas tecnologias na indústria AECO está sendo o Building Information Modeling (BIM), que envolve um conjunto de processos e ferramentas para gerenciamento do ciclo de vida dos projetos. Apesar do BIM ser um conceito que engloba especialmente os projetos de edificações, ele tem sido cada vez mais utilizado para projetos ligados à infraestrutura. O CIM, City Information Modeling, está sendo discutido recentemente e trata do uso do BIM para o planejamento de cidades inteligentes. Trata-se de uma transformação possibilitada por tecnologias da informação em áreas como modelos de cidades 3D, gêmeos digitais, análise urbana, Sistemas de Informação Geográfica (GIS) e Sistemas de Apoio ao Planejamento (PSS) (GIL, 2020).

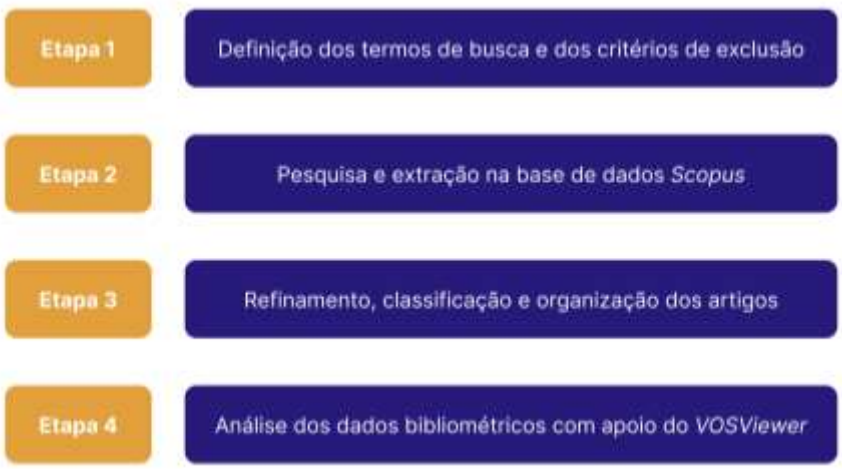
Tendo em vista que as tecnologias emergentes para o gerenciamento de infraestrutura podem garantir um desempenho mais confiável, sustentável e seguro, além de diminuir custos e riscos de manutenção (COSTIN et al., 2018), é interessante estudar como ele pode ser aplicado dentro de um contexto de gestão territorial e organização do espaço.

O objetivo deste artigo é fornecer um panorama geral de como o conceito BIM vem sendo utilizado para o planejamento de tráfego, buscando novas perspectivas para as cidades. Para isso, foi realizada uma revisão de bibliografia utilizando a plataforma Scopus, por ser um amplo banco de dados de resumos e citações revisadas por pares, e o software VOSViewer, que permite a visualização de redes bibliométricas.

2 METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesta pesquisa buscou utilizar a literatura existente como fonte de dados para realizar uma revisão bibliométrica, sendo cada um dos artigos considerado como uma unidade de análise. O processo metodológico constituiu-se de 4 etapas, sendo elas: (i) escolha da base de dados; (ii) busca inicial utilizando critérios controlados; (iii) análise da literatura; e (iv) análise de conteúdo. e serão descritas mais à frente e buscam identificar e analisar o panorama de como as tecnologias ligadas ao BIM estão sendo utilizadas no âmbito dos transportes e planejamento urbano. A descrição das etapas citadas pode ser observada na Figura 1.

Figura 1: Descrição das etapas do estudo realizado.



Fonte: o autor.

2.1 Escolha da base de dados

O banco de dados utilizado para o estudo foi a plataforma Scopus, tendo em vista que essa plataforma oferece cerca de 20% a mais de cobertura que o Web of Science e o Google Schoolar, além de abranger uma gama maior de periódicos (FALAGAS et al., 2008). As palavras-chave utilizadas na busca foram “BIM” e

"traffic", para abranger uma maior quantidade de termos ligados aos transportes e, mais especificamente, encontrar artigos que tratassem de simulações de tráfego, tendo em vista que o foco era analisar como o BIM está sendo utilizado nesse sentido. Como resultado inicial, foram obtidos 198 documentos.

2.2 Filtragem e uso de critérios controlados

Foram realizadas filtragens adicionais na amostra inicial obtida, com foco em garantir que apenas os artigos relevantes para o estudo fossem incluídos. Nesse sentido, foram incluídos critérios específicos, considerando apenas artigos em inglês e publicados em periódicos. Após a filtragem, foram obtidos 49 artigos como resultado. Os títulos e abstracts desses artigos foram analisados de modo a eliminar possíveis artigos irrelevantes para o estudo que acabaram passando pelos filtros e, por fim, foram considerados 34 artigos para constituir a literatura a ser analisada.

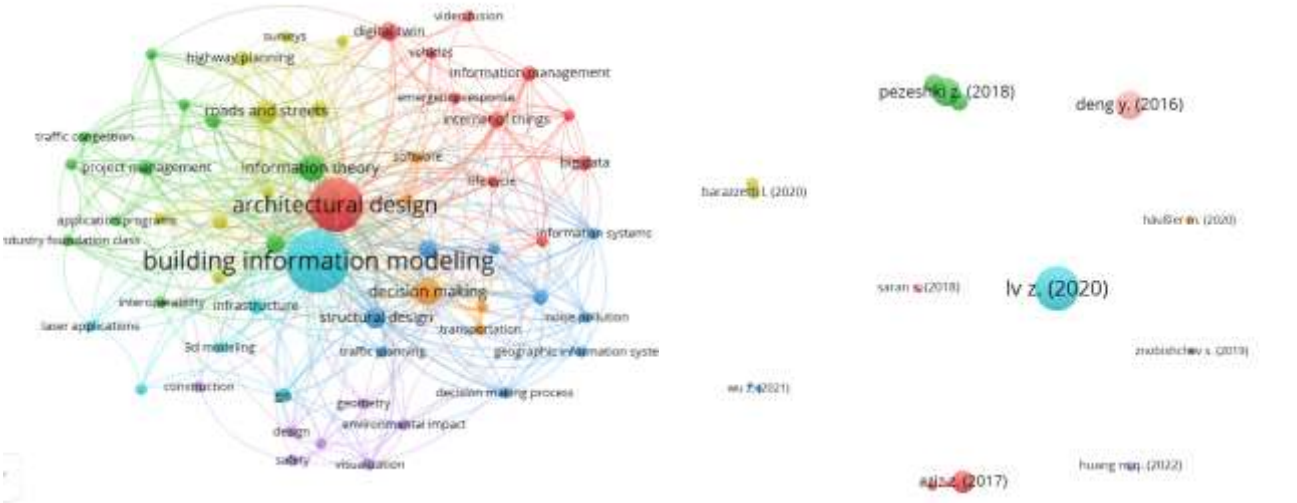
2.3 Análise bibliográfica e análise de conteúdo

Por meio do software VOSViewer, foram obtidas redes de coautoria e coocorrência de palavras-chave, para uma melhor avaliação dos temas que estão sendo tratados em um panorama geral da literatura observada. Os artigos foram analisados de forma mais aprofundada e divididos em domínios principais na etapa de análise de conteúdo.

3 RESULTADOS

Na Figura 2, é possível observar o mapa de coocorrência das palavras-chave, com o número mínimo de coocorrência considerado de 2. O tamanho dos nós representa a quantidade de artigos que possuem a palavra-chave correspondente, sendo o maior foco das pesquisas encontradas voltadas para o BIM e projetos de arquitetura. Foram encontrados 7 clusters principais, cada um deles representado por cores diferentes.

Figura 2: Mapa de coocorrência de palavras-chave (à esquerda) e mapa de citações (à direita).



Fonte: o autor.

Da mesma forma, foi feito um mapa de análise de citações com o mínimo de 10 citações, para observar os artigos mais citados. O tamanho dos nós reflete a quantidade de citações de cada um dos artigos. Foi realizada uma análise mais aprofundada dos artigos obtidos, excluindo-se os que não possuíam nenhuma citação, resultando em 26 artigos. Baseado nos temas gerais e nos clusters observados, foram propostos alguns domínios principais para a análise de conteúdo, que estão descritos nesta seção.

3.1 Gerenciamento do ciclo de vida de projetos de infraestrutura

Haussler e Borrmann (2020) apresentam 14 parâmetros de qualidade nos domínios de detecção de conflito, semântica e quantidades e custos, que se aplicam ao campo de planejamento de infraestrutura. Um ponto

interessante é que os conjuntos de regras descritos no artigo são adaptáveis para responder a diferentes estruturas de modelo. Huang et al. (2022) e Justo et al. (2021) também tratam de questões ligadas à interoperabilidade de projetos, tendo como foco o gerenciamento de infraestruturas.

A temática da sustentabilidade é trazida por Aranda et al. (2021), com a proposta de inclusão de áreas ensolaradas e sombreadas como parâmetro em projetos viários, de modo que fosse possível aumentar a segurança viária e minimizar os impactos ambientais. O artigo mostra uma perspectiva diferente dos outros artigos filtrados, ao unir o conceito do BIM voltado para a sustentabilidade com foco em projetos viários.

Saldanha (2019) traz uma base para uma revisão mais detalhada das aplicações BIM relevantes para esquemas de trânsito rápido durante diferentes fases da entrega do projeto, com exemplos de aplicativos BIM usados por empresas de gerenciamento de metrô. De forma similar, Znobishchev e Shamraeva (2019) descrevem soluções de engenharia sugeridas por grandes empresas que realizam monitoramento de construção usando tecnologias BIM e desenvolvem soluções de software, serviços e equipamentos.

3.2 Gêmeos digitais, realidade virtual, Big Data, Internet das Coisas e outras tecnologias

Por meio de um espaço virtual, Wu e Zhang (2022) reproduzem um túnel real e propõem um novo método para construção de gêmeos digitais de túneis e virtualização da operação e manutenção. Os resultados mostram que o modelo foi útil para aplicação de ligações de tráfego suave de túneis, resgate de acidentes, gerenciamento de instalações e resposta a emergências. Adibfar e Costin (2022) também usam gêmeos digitais, porém com foco na solução de problemas causados pela passagem de veículos com excesso de peso nos pavimentos e componentes estruturais de pontes. Jiang et al. (2022) usam gêmeos digitais para verificação de folga econômica no alargamento de estradas de passagem subterrânea no Reino Unido. Os gêmeos digitais são trazidos novamente por Wu et al. (2021), porém em uma perspectiva de vias hidroviárias baseado em vídeo 3D, em que foi possível melhorar a eficiência do monitoramento diário, da coleta de evidências e da resposta a emergências.

LV et al. (2020) propõem uma solução de gerenciamento de armazenamento de Big Data em conjunto com BIM, baseada no sistema de informações geográficas de realidade virtual da web, WebVRGIS, sugerindo uma proposta promissora para dados de tráfego. De forma semelhante, Zhang et al. (2021) propõem uma plataforma de gerenciamento baseada em IoT e BIM para coleta multidimensional de dados de tráfego, veículos e equipamentos para o serviço de supervisão e segurança de veículos operacionais. Em um estudo mais antigo, Chen, Wi e Hsieh (2013) desenvolveram uma abordagem de visualização baseada em BIM para avaliar a cobertura de sistemas de Circuito Fechado de Televisão (CCTV), que são eficazes para monitoramento de tráfego, em espaços públicos de edifícios. Os artigos mencionados mostram que o BIM tem grande potencial para ser usado como solução para gerenciamento de dados de tráfego. Para reforçar essa ideia, em seu estudo, Aziz, Riaz e Arslan (2017) revisam oportunidades e o valor que pode ser gerado por meio do gerenciamento integrado de dados do ciclo de vida de projetos de rodovias, com uso do Big Data e o BIM.

3.3 Planejamento urbano, simulações e tomada de decisão

Mekawy e Gabr (2021) utilizam otimização multiobjetivo e um modelo BIM para diminuir o risco de contágio no local de trabalho por meio da minimização de áreas com potencial para congestionamento de pedestres, o que mostra que o BIM não está limitado apenas a simulações que envolvem tráfego de veículos. Chen e Huang (2015) analisam respostas a incêndio em edifícios, por meio de uma combinação de análise de rede com BIM, para facilitar a tomada de decisões para operações de resposta à emergência. Ainda no campo de tomada de decisão, Xiaoping e Tao (2021) usam uma rede Bayesiana e engenharia de tráfego para prever o nível de segurança da construção de um projeto do Centro de Transporte.

Na amostra foram observados alguns trabalhos com temática semelhante, referente ao controle e monitoramento de tráfego. Ambos os estudos realizados por (Wang et al. (2014) e Castañeda et al. (2021) trazem a análise do tráfego para apoio na tomada de decisão, além de aplicação em estudos de caso. Cantisani et al. (2022) trata de questões ligadas ao congestionamento e segurança em cruzamentos rodoviários em uma interseção de 3 níveis na Itália. Nikanen et al. (2021) propõem uma abordagem eficiente para monitorar o transporte urbano e os movimentos de tráfego usando um perfilômetro a laser de estado sólido 2D pulsado (TOF). Pezeshki e Ivari (2018) realizaram uma revisão para examinar o desenvolvimento

do BIM de 2000 a 2016 para explorar como várias metodologias foram desenvolvidas durante esse período, incluindo o controle de tráfego.

Deng, Cheng e Anumba (2016) organizaram um framework para integração de BIM e GIS, para combinar a avaliação do ruído do tráfego em ambientes externos e internos em uma única plataforma. Jang e Kim (2022) discutem um método de projeto de otimização para junções de instalações rodoviárias instaladas também para reduzir o ruído do tráfego, chamadas de túneis de barreira de ruídos (NBT). Na pesquisa realizada por Saran et al. (2018), são realizados 4 estudos de caso baseados em modelos virtuais da cidade (CityGML), sendo eles: estimativa do potencial solar urbano; simulação do nível de ruído do tráfego; interoperabilidade de modelos de dados 3D baseados em CityGML; e logística interna 3D e interface subterrânea. Isso mostra o grande potencial de usos BIM começando a ser explorado na literatura, especialmente a utilização do BIM como ferramenta de apoio para buscar soluções que diminuam o ruído do tráfego. Já Barazzetti, Previtali e Scaioni (2020) ilustram um procedimento onde as estradas são detectadas e classificadas automaticamente, fornecendo camadas GIS que são transformadas em objetos BIM parametrizados, o que torna o processo de modelagem bem mais otimizado.

4 DISCUSSÃO

Como o BIM é uma tecnologia relativamente nova, a maioria dos trabalhos encontrados na análise foram recentes. Um ponto interessante a se observar dentro do domínio de gerenciamento do ciclo de vida de projetos de infraestrutura é que nenhum dos trabalhos é anterior a 2019. Isso pode ocorrer porque o BIM inicialmente foi concebido para projetos de edificações e está sendo aplicado a projetos de infraestrutura de maneira contida, pois, de acordo com Jang e Kim (2022), os problemas de alinhamento devem primeiro ser resolvidos para que o BIM seja aplicado na infraestrutura de transporte, já que, ao contrário dos edifícios, as estradas são lineares.

Nos mapas de coocorrência de palavras-chave e citações, observa-se que não há vínculo entre a maioria dos trabalhos, o que pode indicar que há muitos campos de pesquisa diferentes sendo estudados. Foi observado que os artigos que tratam do uso do GIS e sistemas baseados em localização estão entre os que receberam mais citações. A utilização de gêmeos digitais foi bastante significativa na amostra estudada, dada a grande gama de possibilidades oferecida por essa tecnologia. Os gêmeos digitais estão sendo usados principalmente como ferramenta de gerenciamento de tráfego, monitoramento e armazenamento de informações, além de dar suporte à resposta a emergências, pois conseguem simular situações reais no meio digital e possibilitam a realização de diversos testes.

A questão da sustentabilidade ainda está sendo tratada de maneira tímida dentro da literatura estudada, devendo ser aprofundada, dada a sua importância e a possibilidade poluente do tráfego e dos materiais da construção civil, no caso das obras de infraestrutura. Outro ponto a se destacar observado na amostra é o uso das tecnologias para prevenção de acidentes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentou uma breve revisão acerca do uso do BIM dentro do âmbito dos transportes, buscando identificar tendências e focos de pesquisa na amostra analisada. Foi observado amostra que o BIM está sendo utilizado não só como uma ferramenta isolada de gerenciamento do ciclo de vida de projetos, mas como suporte a outras tecnologias, promovendo uma grande fonte de estudos. Ainda que a predominância na literatura BIM seja focada em obras verticais, o estudo mostra o potencial BIM a ser estudado com foco em infraestruturas, especialmente na infraestrutura de transportes.

O estudo abordou uma ampla gama de campos de estudo sendo realizados dentro dessa temática, porém de forma muito recente, indicando que ainda há muito a ser abordado dentro desse contexto. Como limitações do estudo realizado, pode-se destacar a utilização de apenas uma plataforma de base de dados, podendo gerar uma exclusão de artigos que seriam relevantes para análise. Além disso, a escolha das palavras-chave pode ter limitado os resultados da pesquisa, de modo que o uso de mais palavras poderia ter gerado uma amostra significativa maior. A escolha do termo “BIM” também pode ser uma limitação, pois há discussões a respeito da validade do termo para questões ligadas à infraestrutura. Estudos subsequentes devem focar na questão do planejamento urbano e no uso do CIM, tendo em vista a necessidade de se pensar no planejamento de forma abrangente. Deve-se pensar não só no planejamento de transportes, mas

também na mobilidade urbana, em rearranjos sociotécnicos e territoriais, e no uso de tecnologias que dão suporte a esse processo.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES (N° de financiamento 001) e à FACEPE (APQ-1178-3.01/21) pelo apoio concedido à pesquisa.

REFERÊNCIAS

ADIBFAR, A.; COSTIN, A. M. Creation of a Mock-up Bridge Digital Twin by Fusing Intelligent Transportation Systems (ITS) Data into Bridge Information Model (BrIM). **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 148, n. 9, 2022.

ARANDA, J. Á. et al. Minimizing shadow area in mountain roads for improving the sustainability of infrastructures. **Sustainability (Switzerland)**, v. 13, n. 10, 2021.

AZIZ, Z.; RIAZ, Z.; ARSLAN, M. Leveraging BIM and Big Data to deliver well maintained highways. **Facilities**, v. 35, n. 13–14, p. 818–832, 2017.

BARAZZETTI, L.; PREVITALI, M.; SCAIONI, M. Roads Detection and Parametrization in Integrated BIM-GIS Using LiDAR. **Infrastructures**, v. 5, n. 7, 2020.

BOJE, C. et al. Towards a semantic Construction Digital Twin: Directions for future research. **Automation in Construction**, v. 114, 2020.

CANTISANI, G. et al. Re-design of a road node with 7D BIM: Geometrical, environmental and microsimulation approaches to implement a benefit-cost analysis between alternatives. **Automation in Construction**, v. 135, 2022.

CASTAÑEDA, K. et al. BIM-based traffic analysis and simulation at road intersection design. **Automation in Construction**, v. 131, 2021.

CHEN, A. Y.; HUANG, T. Toward BIM-Enabled Decision Making for In-Building Response Missions. **IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems**, v. 16, n. 5, p. 2765–2773, 2015.

CHEN, H.-T.; WU, S.-W.; HSIEH, S.-H. Visualization of CCTV coverage in public building space using BIM technology. **Visualization in Engineering**, v. 1, n. 1, 2013.

COSTIN, A. et al. Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications, challenges, and recommendations. **Automation in Construction**, v. 94, p. 257–281, 2018.

DENG, Y.; CHENG, J. C. P.; ANUMBA, C. A framework for 3D traffic noise mapping using data from BIM and GIS integration. **Structure and Infrastructure Engineering**, v. 12, n. 10, p. 1267–1280, 2016.

FALAGAS, M. E. et al. Comparison of PubMed, Scopus, Web of Science, and Google Scholar: strengths and weaknesses. **The FASEB Journal**, v. 22, n. 2, p. 338–342, fev. 2008.

GIL, J. City Information Modelling: A Conceptual Framework for Research and Practice in Digital Urban Planning. **Built Environment**, v. 46, n. 4, p. 501–527, 2020.

HÄUSSLER, M.; BORRMANN, A. Model-based quality assurance in railway infrastructure planning. **Automation in Construction**, v. 109, 2020.

HUANG, M. Q. et al. Multi-LOD BIM for underground metro station: Interoperability and design-to-design enhancement. **Tunnelling and Underground Space Technology**, v. 119, 2022.

JANG, D.-J.; KIM, S.-A. Optimization design method for noise barrier tunnel junction on merging lanes using quad meshes. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**, v. 21, n. 2, p. 211–223, 2022.

JIANG, F. et al. Underpass clearance checking in highway widening projects using digital twins. **Automation in Construction**, v. 141, 2022.

JUSTO, A. et al. Scan-to-BIM for the infrastructure domain: Generation of IFC-complaint models of road infrastructure assets and semantics using 3D point cloud data. **Automation in Construction**, v. 127, 2021.

LV, Z. et al. BIM Big Data Storage in WebVRGIS. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 16, n. 4, p. 2566–2573, 2020.

MEKAWY, M.; GABR, M. A. Against a workplace contagion: a digital approach to support hygiene-conscious office space planning. **Open House International**, v. 46, n. 3, p. 391–400, 2021.

NISKANEN, I. et al. Time-of-flight sensor for getting shape model of automobiles toward digital 3D imaging approach of autonomous driving. **Automation in Construction**, v. 121, 2021.

PEZESHKI, Z.; IVARI, S. A. S. Applications of BIM: A Brief Review and Future Outline. **Archives of Computational Methods in Engineering**, v. 25, n. 2, p. 273–312, 2018.

SALDANHA, A. G. Applications of building information modelling for planning and delivery of rapid transit. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal Engineer**, v. 172, n. 2, p. 122–132, 2019.

SARAN, S. et al. Utilities of Virtual 3D City Models Based on CityGML: Various Use Cases. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, v. 46, n. 6, p. 957–972, 2018.

WANG, J. et al. A cooperative system of GIS and BIM for traffic planning: A high-rise building case study. **Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)**, v. 8683, p. 143–150, 2014.

WU, S.; ZHANG, X. Visualization of Railway Transportation Engineering Management Using BIM Technology under the Application of Internet of Things Edge Computing. **Wireless Communications and Mobile Computing**, v. 2022, 2022.

WU, Z. et al. Research on Digital Twin Construction and Safety Management Application of Inland Waterway Based on 3D Video Fusion. **IEEE Access**, v. 9, p. 109144–109156, 2021.

XIAOPING, B.; TAO, P. Strategic Learning and Knowledge Management of Technological Innovation in Safety Evaluation Planning of Construction Projects. **SAGE Open**, v. 11, n. 4, 2021.

ZHANG, J. et al. Traffic State Detection Based on Multidimensional Data Fusion System of Internet of Things. **Wireless Communications and Mobile Computing**, v. 2021, 2021.

ZNOBISHCHEV, S.; SHAMRAEVA, V. Practical use of bim modeling for road infrastructure facilities. **Architecture and Engineering**, v. 4, n. 3, p. 49–54, 2019.